

Tanulmány

Pásztor Emil

az MTA rendes tagja, Professor Emeritus - epasztor @ üf.hu

A koponya

Az evolúció folyamán, kb. 500 millió évvel ezelőtt, a gerincesek megjelenése egyben az idegrendszer nagymértékű fejlődését is jelentette. Jelentősen nőtt a központi idegrendszerben az interneuronok, az egyes sejtek közé épülő, a különböző sejteket összekötő sejtek száma. Nyilvánvaló, hogy a sejtek közötti kapcsolatok számának növekedése az információs lehetőségek tárolásának ugrásszerű növekedését jelentette. Emellett kialakult a sejtnyúlványok myelinizációja, a nyúlványokat kitűnően szigetelő velőshüvely, amely az idegingerület terjedési sebességét megnövelte. Így az információtárolás számszerű növekedése mellé a kapcsolatok kialakulásának gyorsasága társult. Ez az az időszak, amikor a központi idegrendszer, az agy és a gerincvelő, valamint az érzékszervek védelmére csontos képletek alakultak ki: a koponya és a gerinc.

A koponya architektúrája egyértelműen utal arra, hogy az milyen funkciók szolgálatára alkalmas, és azokat milyen mértékben képes ellátni. Milyen például az élőlény táplálékszerzési módja és a táplálék feldolgozása; milyen optimális adottságok vannak a külső ingerek felvételére; milyen lehetőségek vannak a behatások abszorpciójára. Ezért egy ásatásból előkerült állati koponya architektúrájából a hozzáértő kutató következtetni tud mind az állat táplálkozási, mind társas viszonyaira, az evolúciós láncban elfoglalt helyére.

Az élőlények vázrendszere, belső csontváz, koponya

A ma élő emberi faj, a homo sapiens az emberfélék (Hominida) családjában, a főemlősök (Primates) rendjén belül az emlősök (Mammalia) osztályán túl az állatvilág gerincesek (Vertebrata) törzsébe tartozik.

Az élőlények sajátos alakját valamilyen vázrendszer teremti meg, amely egyben passzív mozgásszervként is szolgál. Nagyon kisméretű élőlények (például egysejtűek) esetében maga a sejthártya fizikai tulajdonságaival láthatja el ezt a szerepet. De főleg a növényvilágban sok egysejtűnek van szilárd külső burka (cellulóz), míg az állatvilág többsejtű egyedeinél nem az egyes sejteket védő, hanem az egész élőlényt körülvevő burok képződik, amely a szilárd vázat és a mozgásszervet biztosítja. Az állatvilágban a kemény burok kifejlődése a földtörténeti kambrium (570-505 millió év) kezdetén következett be, amikor a gerinctelen állatok különösen elszaporodtak. Ez a burok nem élő anyag volt, hanem a testfelszíni sejtek terméke, kitinből vagy mészből állott (ectoskeleton). Egyes tudósok az ekkor élt tüskésbőrűek közül a Calcichordatát, mások a Conodontákat tartják a gerincesek ősének. Ugyanis a Calcichordaták

oldalán az ősi kopolyurék megjelentek (a huszonöt napos, alig néhány milliméteres emberi embrióban¹ már megtalálható e jellemző kopolyubarázda), a Conodonták fogában pedig ugyanazt a kalciumfoszfátot találták meg, ami a gerincesek csontját képezi.

A földtörténeti devont (408-360 millió év) a halak korának nevezik, mert ebben az időben új testfelépítésű és új életmódú élőlények alakultak ki a tengerekben. Létrejötték a cápaszerű porcos és az igen fejlett csontos gerincű halak. Utóbbiak között legjelentősebb a bojtosúszós hal, amelynek a pikkelyeken túl a belső légzsákja is kialakult, és vastag uszonyaikat olyan csontocskák erősítették meg, amelyekből a kételtűek járóvégtagjainak csontjai alakultak. A bojtosúszós halakból a kételtűek, majd az emlősök fejlődtek tovább. Ebben az időszakban, a törzsfelődésnek ezen forradalmian új fejlődési szakaszában alakult ki a belső csontváz (endoskeleton), a gerincoszlop és a koponya. A magasabbrendű gerincesekben kialakult szilárd váz: 1, passzív mozgásszervet jelent (az izmok segítségével), 2, az érzékeny szervek számára védelmet biztosít (agynak, szemnek stb.), 3, a vérképzés fontos helyét képezi. A vázrendszer alapvető szövete a csontszövet, amely az agyat és a fontos érzékszerveket védő koponya és a gerincvelőt védő gerinc szilárdságát teremtette meg.

A csontszövet alapállományból és sejtekből áll. Az alapállománynak organikus és anorganikus összetevői vannak. Az organikus részt képezik a kollagén rostokhoz hasonló oszteokollagén (ossein)-fibrillumok és az azokat összekötő glikoprotein kötőanyag, ami a fibrillumokat kapcsolja össze. Az anorganikus összetevő alapja a hidroxipatit kristály rácsszerkezete, amelybe egyes anorganikus ionok (például fluor) beépülnek, míg más ionok (például magnézium stb.) a rácsszerkezet felszínéhez tapadnak. Az alapállomány nyúlványos üregeiben helyezkednek el a csontsejtek. A csontsejtek: 1, oszteoblastok (csontképző sejtek); 2, oszteocyták (az üregekbe bezárt, az anyagcserét biztosító sejtek); 3, oszteoklastok (csontfaló sejtek, a csont átépítésében, növekedésében játszanak szerepet).

Alaki és strukturális felépítésük alapján megkülönböztethetők a csöves, a lapos, a köbös és a labirintikus csontok. Az emberi koponyában a három utóbbi csontféleség mind megtalálható.

Andreas Vesalius (1514-1564), az első hiteles, tudományos és progresszív anatómus

A modern orvostudományt 1543-tól számítjuk, amikor megjelent az emberi anatómia első komplett kézikönyve, Vesalius latin nyelvű hatalmas munkája, a *De Humanis Corporis Fabrica*,² ami a klasszikus anatómia újjászületését jelentette. A szervek ábrázolása Vesalius saját boncolásai és megfigyelései alapján történt. A fametszeteket Tiziano³ holland tanítványa, Johannes Stephan van Calcar (c. 1499-1546/50) készítette, azok helyességét és pontosságát Vesalius ellenőrizte.⁴

Nagyon szemléletes az a meghatározás, ahogyan Vesalius a koponya alakját leírta: megnyúlt gömb, amely mindkét oldalán megnyomott és elől-hátul kiöblösödő.

Furcsának hat Vesalius álláspontja, hogy a koponya a szem "kedvéért" alakult olyanná, amilyen, mert a legfontosabb érzékszervünknek, a szemnek tökéletes védelmet biztosít. A mély árokban ülő szemnek ugyanis további sáncszerű védelmet jelent még alulról az arccsont kiugró pereme, oldalról a kemény járomcsont, felülről a homlokcsont szemöldöki dudora, középről pedig az orrcsont.

A koponya alapvetően gömb alakját azért is "célszerűen kialakultnak" tartotta, mert az ilyen idom ad a legtöbb védelmet trauma esetén. A koponya és az agy viszonylatában pedig azt írja:

"a koponya nem joggalansul kölcsönzi az agy alakját, amelynek tartója és védelmezője kell legyen".

A koponya alakjával való foglalatossága vezette érdeklődését a mesterséges koponyaalakítás felé. Megemlíti Hippokratész erre vonatkozó észleléseit, és közli saját németországi és belgiumi megfigyeléseit a csecsemők koponyájának deformálására.

Az emberi koponya méretei és alakja

A koponya felső része, az agykoponya, csontos tokot jelent az agy számára. A koponya alsó része, az arckoponya, amelynek mélyedéseiben az érzékszervek helyezkednek el és kapnak védelmet. Az arckoponyában kezdődnek a légző- és táplálkozási rendszerek is. A szinte egyetlen komplex csontnak látszó emberi koponya huszonkét különálló csontból áll, ebből nyolc az agykoponya, tizennégy pedig az arckoponya csontja.⁵

Felnőttben a hosszúsági átmérő a glabellától (a homlokon a szemöldökök közötti lapos terület) a nyakszirtecsont dudoráig: 170-200 milliméter; a koponya szélessége a falcsonatok dudorai közötti távolság: 140-160 mm; magassága a fejtető közepétől a koponyaalapi öreglyukig: 130 mm. Az arckoponya hossza, az állcsúctól az orr tövéig 110,5 mm; szélessége a járomcsontok közötti távolság, 110 mm. A koponya térfogata férfiban átlagban 1450 cm³, nőben 1300 cm³; súlya férfiban átlagosan 731 g, nőben 555 g. A fej természetes tartásában a hosszúsági átmérő kb. 20°-ban hajlik a vízszinteshez.

A koponya alakját megítélendő, az ismertetett átmérők viszonyát vizsgálják, amit koponyaindexnek hívunk. A koponyaindex számításakor az egyik összetevőt száznak véve, ehhez viszonyítjuk a megfelelő egységekre redukált másik méretet.⁶ Európai koponyán a hosszúsági-szélességi index 70 és 92 között van. A koponyát dolichokephalnak akkor nevezzük, ha az index nőnél 72,0 és 76,9 között, férfinnál 71,0 és 75,9 között van. A dolichokephal koponya hosszanti átmérője az átlagnál nagyobb, és azt hosszúfejűnek nevezik. A koponyát brachikephalnak akkor nevezzük, ha az index nőnél 82,0 és 86,4 között, férfinnál 81,0 és 85,4 között van. Brachikephalia esetében ún. rövidfejűség van jelen, azaz a koponya szélessége meghaladja a hosszúság négyötödét. Dolichokephaliával rendszerint leptoprosopia (hosszúarcúság), a brachikephaliával főleg chamaeprosopia (kurtaarcúság) jár együtt.

Arcélben (profilban) történő megtekintéskor az arc- és az agykoponya elülső részének viszonyát szögben (például Camper⁷-féle szögben) fejezik ki. Ha a Camper-szög 80°-nál nagyobb, ortognatiáról, ha 80°-nál kisebb, prognatiáról beszélünk.

Az újszülöttek, csecsemők és kisdedek koponyájának méreti viszonyai teljesen eltérőek a felnőttekétől. Az arckoponya az agykoponyánál lényegesen kisebb, az arány 1:8, amely arány felnőttben 1:2. Csecsemőben a koponyaalap szélessége is kisebb a koponyatető szélességénél. Nyilvánvaló, hogy a születéskor a viszonylag nagyméretű agy védelmére szükséges a test egészéhez viszonylagosan nagyméretű koponya.

A koponyacsontok sajátosságai

Az agykoponya felső részét koponyatetőnek (calvaria), alsó részét koponyaalapnak (basis cranii) nevezzük. Az agykoponya csontjainak többségét lapos csontok képezik. Ezeknél két vékony csontreteg között különböző vastagságú szivacsos csontállomány van, amit az életkor végéig vörös csontvelő tölt ki, és ez nem zsírosodik el. Egy-két agyalapi csont köbös, a

csigolyák teste viszont mind köbös felépítésű: vékony kérgi állományon belül szivacsos szerkezetben vörös csontvelő van, ami a vérképző rendszer nagyon fontos része. A labirintikus csontok légtartalmú üregeket zárnak közre, főleg az arccsontok között találjuk ezeket, és az orr légtartalmú melléküregeit képezik.

Az agykoponya koponyaalapi csontjaihoz tartozik a nyakszirtecsont (os occipitale), amely a fej hátsó-alsó részén helyezkedik el, trapezoid és befelé homorú pikkely alakú. Alul egy nagy ovális nyílás fúrja át (öreglik), amelyen keresztül kerül kapcsolatba a koponya ürege a gerinccsatornával. A csont hátsó külső pikkelyszerű felszínén tarkó-, nyak-, sőt hátizmok, valamint erős kötőszöveti bőnyék és szalagok tapadnak. A pikkely belső felszíne négy árokra oszlik: a felső kettőben az agy nyakszirt lebenyének egy része, az alsó kettőben a kisagyi féltekék helyezkednek el.

A szintén koponyaalapot képező íksont (os sphenoidale) kocka alakú testből, kétoldalt kis- és nagyszárnyakból, valamint lefelé irányuló nyúlványokból áll. Így találóan egy kiterjesztett szárnyú denevérhez hasonlítható. A testben vékony csonttal középen elválasztott üreg van, amely a mai modern idegsebészet számára új műtéti beavatkozást tett lehetővé: az agyalapi mirigy daganatának orron és ezen az üregen keresztül történő eltávolítását (a hypophysis adenoma transsphenoidalis műtéte), amivel elkerülhető a koponyalékelés. A test felső falának jelentős bedomborodása a töröknyereg (sella turcica), amelyben az agyalapi mirigy helyezkedik el. A nagy szárnyak a koponyaalap középső részét képezik. A lefelé irányuló nyúlványokon izmok és ínszalagok tapadnak.

A koponya és egyben az emberi szervezet legkomplikáltabb csontja a halántékcson (os temporale), amely a halló- és egyensúlyozó szervet is magába foglalja. A koponya alapját képezi a csont sziklacsonti, csecsnyúlványi és oldalsó pikkelyes része, amelyek együttesen képezik a külső hallójáratot. A koponya oldalára felterjedő pikkelyes rész egy vékony csontlemez, melynek belső oldalán lévő barázdában mélyen beágyazódva fut a középső kemény agyburki verőér.⁸ A pikkelyszerű csontlemez külső felszínén és az itt eredő járomcsontnyúlványon a rágóizmok tapadnak, alattuk pedig egy sajkszerű mélyedésben az állkapocs ízületi felszíne képződik ki. A halántékcson piramis része a koponyaalapon közép felé beékelődik. Felső felszíne a középső koponyaalapi árok része, rajta az agy halántéklebenyének tekervényei enyhe benyomatként ismerhetők fel. A sziklacsont külső felszíne a dobüreget fedi, mögötte a hallószerv részei találhatók.

A rostacsont (os ethmoidale) szabálytalan kocka alakú, a koponya alapján elöl a szemüregek között és az orrüreg fölött helyezkedik el. Felső felszínén számos apró nyílás van a szaglóidegek számára. A csont lefelé álló lemeze a középső orrsövény képzésében vesz részt, a két oldalon lévő sejtrendszer az orrmelléküregek részét képezi.

A koponyatető elülső részét a homlokcsont (os frontale) adja, melynek függőleges homloki része pikkelyszerűen előlről fedi a koponya üregét, szemüreg feletti része képezi a szemöldök és a homlok formáját. A csont vízszintes darabja az orr- és a szemüreget fedi. A csont ezen részében egy üreg képződik (homloküreg), amely az orrmelléküregek rendszeréhez tartozik.

A koponyatető jelentős részét képezi a két falcsont (os parietale), amely kvadrátikus, kagylószerűen görbült. Belső felszínén a halántékcson felől folytatódik a kemény agyburki verőeres barázda.

Az arckoponya nagyobb csontjai a rágást szolgálják, a kisebbek az orr- és a szemüreg kialakításában vesznek részt. A kisebb csontok: az orrcsont (os nasale), az alsó orrkagyló (concha nasalis inferior), az ekecsont (vomer), a szájpadsont (os palatinum), a járomcsont (os zygomaticum), a könnycsont (os lacrimare).

A rágásban részt vevő csontok közül a felső állcsontnak (maxilla) tetraéder alakú teste és négy nyújtványa van. A test falai az arcüreget (sinus maxillaris Highmore) fogják közre. Felső fala a szegmögör fenekét adja, belső lemeze az orrüreg oldalsó fala, amelyen bejárat van az arcüregbe. A fogmedri nyújtvány a felső fogak ágyát képezi, a lapos szájpadsnyújtvány az orrüreget választja el a szájüregtől.

Az állkapocs (alsó állcsont, mandibula) eredetileg páros csont, ami legtöbb emlősben meg is marad ilyennek. Emberben a csecsemőkorban nő teljesen össze. Nagyon erős csont, amelynek vastagabb alsó szárában helyezkednek el a fogmedrek, felfelé állnak a koponyával valódi ízülettel kapcsolódó nyúlványok. A test és a nyúlványok külső és belső felszínén tapadnak a rágóizmok.

A koponya nyílásai, csatornái

Élő ember koponyáján csak egyetlen nyílás van a nyakszirtcsonton, az öreglik, a nyúltvelőgerincvelő átmenet szintjében, amelyen az idegi képleten kívül két nagy kaliberű artéria (a. vertebralis) és véna, egy pár agyidegrészleg (a járulékos ideg, n. accessorius egyik ága) halad át. Az öreglik elzáródása olyan módon következhet be, hogy a kisagy alsó része felülről "beékelődik" az említett struktúrák mellé (tonsilláris herniatio) az öreglikba. Ezzel egy súlyos, életveszélyes állapot alakul ki, mert az agyvíz keringése akadályozott, és az állandóan termelődő agyvíz következtében a koponyaüri nyomás kritikus értékeket ér el.

A csupasz csontos koponyán, főleg az agyalap csontjain, számtalan nyílás található a különböző idegi⁹ és érstruktúrák átjárását szolgálva, amelyeket élőben kötőszöveti képletek (agyburkok) fognak körül, és ezzel a nyílásokat elzárják. A kisméretű, apró erek és idegszálak átjárására szolgáló nyílások mellőzésével, csak a jelentősebbeket ismertetjük.

Az agyalap elülső-középső részén több kisebb nyíláson a szaglóideg (az I. számú agyideg, nervus olfactorius) rostjai kerülnek a koponyába. A homlok-, az ék-, a rosta- és a felső állcsontban lévő ún. orrmelléküregekbe vezető csatornák az üregek szellőztetését biztosítják. Kerek lyuk vezet a szemüregbe a látóideg (a II. sz. agyideg, n. opticus) és a szemet tápláló verőér átjárására. Egy másik hosszabb, szemüregbe vezető nyíláson jutnak át a szemmozgató idegek (a III. agyideg, a közös szemmozgató ideg, n. oculomotorius; a IV. a sodorideg, n. trochlearis; a VI. a távolító ideg, n. abducens), az arc érzőidegének (a háromszatú idegnek, n. trigeminus) egyik ága (a V/1, a szemet ellátó, n. ophtalmicus) és a szemből elvezető véna. Egy kerek és egy ovális lyukon jut ki alul az arc felé az érző arcideg másik két ága (V/2, a felső állcsontot ellátó, n. maxillaris és a V/3, az állkapocsot ellátó, n. mandibularis). Kis kerek nyíláson kerül a koponyába a kemény agyburok fő artériája. Az arcizmokat mozgató VII. agyideg (arcideg, n. facialis) két ága külön lyukakon lép ki. A hallójárat belső nyílásán keresztül lépnek be az agyi központok irányába a halló- és az egyensúlyozó ideg (a VIII. egyensúlyi és hallóideg, n. vestibulocochlearis) rostjai, kifelé pedig az arcmozgató ideg még egy része és a dobüregt ellátó artéria. Az agyból elvezető fő vénáról elnevezett nyíláson (foramen jugulare) keresztül a vénán kívül áthalad a IX., a X. és a XI. agyideg (nyelv-garat ideg, n. glossopharyngeus; bolygóideg, n. vagus; n. accessorius). A XII. (a nyelv alatti ideg, n.

hypoglossus) a róla elnevezett nyíláson lép ki. Az agy alapon kétoldalt külön csatornákon lépnek be az agyat ellátó artériák (a. carotis interna).

Koponyacsontok közötti összeköttetések

A csontok közötti összeköttetések lehetnek (1) folyamatosak, amikor egy összekötő anyag biztosítja a csontok folyamatosságát. Az összekötő anyag lehet szalag (syndesmosis - szalagos csontösszeköttetés), lehet porc (synchondrosis - porcos csontösszeköttetés), és csontos egybeforradás (synostosis - csontos egybeforradás).

A koponyacsontok varratos (sutura) illeszkedése lehet fogazott, sima vagy pikkelyes. E szalagos csontösszeköttetéseknel az összekötő anyag mikroszkopikus méretű. A koponyaalapon több csont között porcos csontösszeköttetést találunk, ami a csontok közötti hézagot kitölti. A koponya növekedésének megszűnésével (tizenhat-tizennyolc éves kor) ezek a synchondrosisok elmeszesednek. A porcos csontösszeköttetések legjellemzőbb példái a csigolyák közötti porckorongok. A csontos egybeforradás többsége porcos összeköttetésből alakul át, a koponyatető csontjai idős korban meszesednek el. A homlokcsont két telepből fejlődő pikkelyrésze kora gyermekkorban egy csonttá forr össze.

A csontok között vannak (2) megszakított összeköttetések, ahol a porccal borított két csontvég között rés van, amit ízületnek (articulatio) hívunk. Valódi ízület csak egy pár van a koponyában: az állkapocsízület. Az állkapocsízület mozgásai bonyolultak, és precízen igazodnak a fogazat esetleges hiányaihoz. A mozgások biztosítják a száj nyitását és zárását, az állkapocs előre és hátra tolását, valamint az őrlőmozgások kivitelezését.

A koponya fejlődése

Az állatvilágban a testfelépítés egyik általános konstrukciós elve a szelvényezettség. A test vagy annak része a test hossz tengelyére merőleges síkokban kialakult és egymásra épülő korongokból épül fel, amelyeknek saját vázszerkezetük, izomzatuk, ér- és idegellátásuk van. A gerincesek embriótelepében a feji és a farki vég kivételével az egész test szelvényezett felépítésű. Voltak olyan elméletek, amelyek a fejre vonatkoztatva is érvényesnek akarták elismertetni a szelvényezettséget. A fej és a nyak elülső része egy másik elven alapuló zsigeri vagy kopoltyúszelvényekből fejlődik.

A fejlődés folyamán a koponya alak és méretbeli változásai pontosan követik az agy és az érzékszervek ilyen irányú igényeit. Az emberi ébrénynél az agyhólyag (az agyféltekék) gyorsabb fejlődése miatt már a harmadik héten létrejön a fejtetői görbület, vagyis a fej előre, a hasi oldal felé meggörbül. A kb. tizennégy milliméter hosszú és negyvennapos emberi embrió előre hajló fejrésze méretében az egész testnek közel felét teszi ki, és jól kivehető a már ötmilliméteres embrióban kialakult szemkehely és hallóhólyag. A fokozatosan fejlődő, egyre növekvő méretű agyat kezdetben porcos vagy hártyás (kötőszövetes) tok veszi körül, amiből később a koponyacsontok fejlődnek ki. A 2. hónap végén az embrió három cm hosszú, kialakulva láthatók az emberi magzatra jellegzetes idomok.

Az elsődleges csontfejlődés lehetőségét fiatal állatok koponyacsontvarratainál neves anatómusunk, Krompecher István (1905-1983) fedezte fel, miszerint a kisebb erek környéki adventiciális, nem differenciált mesenchima sejteiből csontszövet alakul ki. A csontok nagy része viszont másodlagosan, más támasztószövet átalakulásából jön létre. Így megkülönböztetünk kötőszövetes (desmogén) és porcos (chondrogén) eredetű csontosodást. A

csontfejlődés későbbi, főleg növekedési szakaszaiban kapnak szerepet a rárakódásos csontképződések, a perichondrális és periosteális csontosodási formák.

A csontképzés bonyolult, még ma sem teljesen ismert folyamat. A csontközi alapállományt osteoblastok termelik, az elmeszesedés a mellékpajzsmirigy működésétől függ, és ebben a D-vitaminnak is fontos szerepe van. A nemi hormonok (ösztrogének) a mészanyagcserét szintén befolyásolják. A csontok hossznövekedését az agyalapi mirigy (hypophysis) termelte növekedési hormon irányítja, aminek szabályozásában viszont az agynak van lényeges szerepe.

Az agyalapi csontok porcból, a koponyatető csontjai kötőszövetből fejlődnek. A csontosodás a méhen belüli élet második hónapjában kezdődik, és apró gócból (csontosodási pontokból) indul ki.

A csontok szerkezeti átépítése nemcsak a növekedés stádiumában, de bizonyos fokig az egész élet során tart. A csontfelszívódás (az osteoklastok működése) és a csontépítés (az osteoblastok tevékenysége) mechanizmusainak megfelelő egyensúlya biztosítja a normális növekedést.

A csontszövet a szövetféleségek közül leginkább alkalmas regenerációra. Ha egy elpusztult csont csonthártyája mégis megmarad, abból újraképződhet a csont.

A koponya fejlődési rendellenességei

Bármely szervnek, így a koponyának is azért bonyolult a fejlődése, mert a fejlődést szervező mechanizmusok hatásainak nemcsak a megfelelő időben és a megfelelő helyen, de intenzitásukban is a megfelelő mértékben kell érvényesülniük. Ha például megfelelő időben nem alakul ki a szerv alapját képező sejtcsoport (primordium), az egész szerv csökevényes vagy teljesen hiányos lesz (agenesia). Nem megfelelő helyen jelentkező induktív stimulus, szokatlan helyen kialakuló szervet (ectopia), a szükségesnél gyengébb stimulus satnya (hypoplasiás) szervet produkál.

A fejlődési zavar oka lehet öröklődő vagy környezeti hatásra visszavezethető.

Az embrionális élet 3. hetében következhet be az a fejlődési rendellenesség, hogy a velőlemez velőcsővé záródása elmarad, amit az idegrendszeri deformitások mellett a csontok (koponya, gerinc) záródási zavara is követ. Legsúlyosabb formája, a velőcső felső (craniális) pólusának záródási hiánya, az anencephalia. Ilyenkor a koponyatető teljesen hiányzik, az agyat pedig csupán egy kevés idegszövet helyettesíti.

Az agyvíz felszaporodása az agykamrákat tágítja, aminek következtében a kutacsok és az egész koponya is tágul (hydrocephalus, vízfejűség).¹⁰ Ez a folyamat már az intrauterin életben megindulhat, és a születés után súlyosabbá válik. Ezért a koponya normális méreteinek ismerete nagyon fontos. Az agy születés utáni gyors növekedése miatt a koponya is jelentősen nő. Normálisan az első hat hónapban a fejkörfogat növekedése átlagosan nyolc centiméter, a második hat hónapban már csak három centiméter.

Craniosynostosis esetén a koponyacsontok varratai korán, gyakran már a születés előtt elcsontosodnak, így az agy normális növekedése korlátozódik, és a koponyaüri nyomás növekszik. Attól függően alakul a koponya kóros formája, hogy hány és melyik varratok

vannak bevonva a folyamatba. Kialakulhat az ún. toronykoponya (turriccephalia), csónak alakú koponya (scaphocephalia) stb. Az agykoponya ilyen fejlődési rendellenességei az arckoponya deformitásával is szövődhetnek. A szemgödrt alkotó csontok kóros elhelyezkedése a szemgolyók szétállását okozza, ami az arctorzulásán túl a látóideg megfeszülésével a látást is károsítja.

Chondrodystrophia a porcokból fejlődő csontok növekedési porcánál fellépő sejtosztódási rendellenesség, ami törpenövést okoz. Mint említettük, a koponyaalap és az orrtok csontjai porcokból fejlődnek, és ezért a fejlődés zavara következtében jön létre a kisebb koponyaalapon a hatalmas, gömbszerűen előugró agykoponya, a mélyen beesett orrgyök és a kiugró arccsontok a rövid vétagokkal jellemzett törpenövésű személyn.

Az agyalapot képező csontok középső szakaszai szögben megtört lejtőt képeznek, amelyen az agytörzs fekszik. Fejlődési rendellenességként ez a szakasz laposabb (platybasia), sőt az öreglikat képező csontstruktúrák befelé fordulva a koponya üregébe nyomulnak (basalis impressio). Mindkét esetben az agytörzs károsításának súlyos tünetei keletkezhetnek.

Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832) zseniális felfedezése a koponyán

Az állatvilág sok fajában a felső állcsont két különálló részből áll, amelyek között, elől egy önálló kis csont, az os intermaxillare (szinonímái: os premaxillare, os incisivus) foglal helyet. Ebből erednek a metszőfogak. Mivel emberben ilyen önálló csontot nem találtak, a korabeli tudósok többsége ezt a tényt is igazolásként látta arra, hogy az ember teljesen különáll az állatvilágtól.

Goethe egy velencei temetőben olyan emberi koponyát talált, amelyben különálló csontként volt található az os intermaxillare. A leletet több állatfaj koponyájával összevetette, majd 1784-ben írta le első természettudományos közleményeként: Über den Zwischenkiefer des Menschen und der Tiere.

Ismeretes viszont, hogy az emberi embrióban a felső állcsont fejlődése két csontosodási magból indul ki, de teljes kialakulásával a maxilla egyetlen csonttá nő össze. Fejlődési rendellenesség viszont előfordulhat.

Goethe felfedezésével bizonyítottnak látta, hogy "nincs áthidalhatatlan szakadék az ember és az állat között". Emellett kutatásai nagy eredményének azt tekinthetjük, hogy egy új vizsgálati módszer, az összehasonlító anatómia alapjait teremtette meg.

Goethe ezirányú munkásságáról részletes adatokat kaphatunk Lukács Béla tanulmányában: Goethe, a zseniális dilettáns (Magyar Tudomány. 1999, 10, 1251-58.).

A koponyacsontok betegségei, diagnózis, terápia

A koponyacsontok betegségeinek diagnosztizálásában a röntgenvizsgálat játssza a főszerepet. A koponya egyszerű röntgenfelvételén jól láthatóak a csont morfológiai eltérései, és a kóros elváltozások minőségi különbségei is elkülöníthetőek (daganat, traumás elváltozás, gyulladás). A komputertomográf (CT) további részletek tisztázására képes.

A koponya leggyakoribb kóros elváltozásai a balesetek okozta törések, amelyek lehetnek vonalasak, impressziósak és perforálóak. A vonalas törés önmagában nem jelenti az agy

károsodását, de bizonyos lokalizációban halálos szövődmény forrása lehet. A halántékcsontról bázisára terjedő vonalas töréskor elszakadhat a kemény agyburokban futó és a csonthoz tapadó artéria, ami fokozódó vérömlenyt hoz létre, ekkor az élet csak sürgős műtéttel menthető meg. Más agyalapi csontok vonalas törésekor az agyburkok is sérülhetnek, ami az agyvíz csorgását eredményezi. Ilyenkor a megnyílt koponyaüreg fertőzésnek van kitéve, agyhártyagyulladás, agytályog keletkezhet.

Impressziós törés esetében a betört csontdarabok az agyállományt is sértik, ami műtétet igényel.

Lövedék okozta perforáló törések többségében be- és kimeneti nyílás van, ami a csontsérülés formája alapján jól elkülöníthető. Az agysérüléssel járó törések az esetleges funkciókárosodásokon kívül a bakteriális fertőződés veszélyével járnak.

A koponyacsont-daganatok ritkák, a szervezet csontdaganatainak csupán mintegy másfél százalékát jelentik. Lehetnek jó- vagy rosszindulatúak, kiindulhatnak a csont- vagy a porcszövet sejtjeiből, a fibrózus kötőszövetből, a csontban lévő vértképző állományból, az erek sejtjeiből. A daganat a csontállományt pusztítja, kimaródást vagy csontmegvastagodás okoz, ami "elmeszesedés" formájában jelentkezik. A daganatok jó eredménnyel operálhatók, még rosszindulatú daganatok esetében is hosszú túlélés lehetséges.

A koponyacsont gennyes fertőzése főleg külső behatás (sérülés, műtét) következménye, a vérkeringésen keresztül történő fertőződés ritka. A gennyes csontot a lehetőségekhez mérten az ép határáig el kell távolítani.

A koponyalékelés

A koponyalékelés őskori és mai modern formáinak történetét, agyműtét céljából a koponyaűr megnyitásának legracionálisabb és legkevesebb rizikóval járó formáit egy hosszabb tanulmányban a Természet Világa című tudományos ismeretterjesztő folyóiratban (2000, 131, 392-396) közöltem.

Az emberi rasszok koponyabeli eltérései

A paleoantropológia számára az ásatási leletek értékelésekor a koponyacsonti maradványok döntőek a faj- és kormeghatározásban egyaránt.¹¹

Még a hullók négy főágát is főleg a koponyacsontok elrendeződése és a szemüreg mögötti csontok közötti rések (a halántéklablakok) száma és elhelyezkedése alapján különböztetik el. (Így pl. amíg a dinoszauruszok koponyáján két pár halántéklablak található, addig az emlősökhöz vezető ág hullóin csak egy pár halántéklablak van a koponya alján).

Az emberi rasszok (fajták, etnikai csoportok) különbözőek külső megjelenésükben (bőrszín, haj- és szemszín), természetükben, testarányaikban, testalkatukban és növekedésükben.

Az emberi koponya alakja és méretei az egyes rasszokra is jellemzőek. Az emberi faj négy fő nagyrassza: az europid,¹² a mongolid, a negrid és az ausztráid.¹³ A mongoloid rasszra jellemző például az orr tövének lapos, széles volta, az arc egyenes (ortognath), a járomív széles. Az ausztrál bennszülöttek koponyamérete (űrtartalma) lényegesen kisebb, mint a többi etnikai csoport koponyája.

Lenhossék József (1818-1888), a pesti egyetem Anatómiai Tanszékének professzora, nemzetközileg is értékelt kutatásokat folytatott az emberi koponyákon. Többek között meghatározta a magyarok hosszúsági-szélességi indexét, amit 82,9-nek talált, tehát a magyarok koponyáját brachikephalnak (rövidfejűnek, a gömbidomot jobban megközelítő formának) írta le.

A somatometria olyan vizsgálómódszer, amely anatómiailag meghatározott mérőpontokra, nemzetközileg standartizált mérőeszközökre és mérési technikákra épül. A testméretek meghatározásával az embertan a test törvényszerűségeit, vagy például az emberiségnek fajták szerinti differenciálódását igyekszik objektíven, mérhetően kifejezni. A testméreteknek olyanoknak kell lenniük, hogy egy bizonyos testrész mérete élő testen és csontvázon egymással viszonyítható legyen, és egyikből a másikkra következtetni lehessen. Legfontosabb testméretek a fejen: a fej magassága, hosszúsága, szélessége, az arc hosszúsága, szélessége, magassága, a fej kerülete, az orr, a szem, a fül magassága, szélessége stb.

A legújabb vizsgálatok megerősítik, hogy a "rassznak" genetikai szempontból nincs jelentősége, pusztán a gének vizsgálatával nem lehet eldönteni, hogy valaki melyik emberi fajtához tartozik. DNS-szinten vizsgálva a rasszokat kiderült, hogy pl. csak 0,1 % eltérés van európidok és negridek között.

Craniopagus

A fejükön összenőtt egypetűjű ikreket nevezzük craniopagusnak.

Az ikrek ugyanis lehetnek két- vagy többpetűjűek (di- vagy polyzygoták), amikor egyszerre több petesejt termékenyül meg, illetve lehetnek egypetűjűek (monozygoták), amikor csak egy megtermékenyült petesejtből (zygota) fejlődik ki a két embrió. Az ikerterhességek negyedében születik egypetűjű ikerpár, akiket identikus ikreknek nevezünk, mert azonos genetikai felépítésű anyagból származnak, nemük azonos, testileg nagyon hasonlóak.

Ha a megtermékenyült petesejt a fejlődés 7. napja körül, az első barázdálódási sejtosztás után válik szét,¹⁴ akkor két külön chorionzsákban fejlődik tovább, és teljesen ép ikermagzatok születnek. Későbbi, főleg a második hét utáni szétválás esetén kettős embrionális csomóból torzok, részleges vagy teljes duplicitások keletkeznek. Bennünket elsősorban a teljes duplicitásoknak (sziámi ikrek)¹⁵ az a formája érdekel, amikor az összenövés a fejen történik. A craniopagusok eredményes műtéti szétválasztásának lehetetlenségét jelenti, ha az agyszövet vagy az agyi érrendszer jelentős része közös. Ha a koponyacsont defektusán túlmenően az ikrek agya teljesen különálló, és csak a vérkeringés kis részének, csupán a vénás elfolyásnak van közös szakasza, akkor a sikeres műtéti szétválasztásnak nagyobb az esélye. Csupán 1952 óta történik fejen összenőtt sziámi ikrek műtéti szétválasztása. A rizikó azonban mindenképpen nagy. Legutóbb 2003 júliusában a Szingapúrban operált, huszonkilenc éves ikrek haltak meg a műtét után.¹⁶ Igaz, hogy ezek voltak az első, felnőtt korban operált ikrek.

A koponya mesterséges alakítása

Az 1860-as években Karl Ernst von Baer (1792-1876) észt antropológus Krímben végzett ásatásai hívták fel a figyelmet a torz illetve a torzított koponyákra. A koponyán észlelt ilyen elváltozásokat kezdetben kizárólag fejlődési rendellenességnek tartották, és Rudolf Virchow (1821-1902)¹⁷ bizonyította be, hogy az esetek nagy számában mesterséges "torzításokról" van szó. Ezek az elváltoztatott koponyaformák ugyanis nem öröklődnek.

Hazánk területén, illetve a Kárpát-medencében a korai népvándorlás idejéből (szarmata, hun, alán) találtak tömegesen torzított koponyákat, de avar sírokból ilyenek nem kerültek elő.

Lenhossék¹⁸ 1877-ben a Tudományos Akadémián nagy érdeklődéssel kísért előadást tartott: A mesterségesen eltorzított koponyákról általában, különösen pedig egy Csongrádban és Székely-udvarhelyen talált ilyenmű makrokephal és egy Alcsuton talált barbár korból származó koponyáról. A tanulmány 1878-ban az MTA Könyvkiadó Hivatala kiadásában megjelent. Ezzel hazánkban is megindultak az ilyen irányú kutatások.

Vizsgálni kezdték az élőben talált elváltozásokat is, és a XIX. században különösen sok mesterséges "koponyatorzított" személyt találtak Franciaország egyes vidékein. A koponyaalkatás még ma is élő szokás primitív, a civilizációtól elzárt kisebb népcsoportoknál.

A csecsemőkorban (néhány héttől a három hónapos korig) elkezdett koponya-alkatás technikái voltak: a koponya különböző helyein alkalmazott szalagos vagy szélesebb bandázsos lekötés, szorító lapok, satuk vagy szerkezetek alkalmazása.

A koponya formájának csupán extrém fokú elváltoztatása vezethet az agyállomány károsodásához. Nagyfokú toronykoponya kialakulásával a szemüreg alakja úgy változik, hogy a látóideg nagyon megfeszül, látásromlás, vakság alakulhat ki. Nagymértékű homlokcsonti leszorítás következtében az agy homloklebenyének sorvadásával szellemi leépülés következik be.

A szerzők többsége mesterséges koponyatorzításnak nevezi, amit néhány szerzővel egyetértve koponya-alkatásnak neveztem, hisz egyértelmű, hogy azok, akik az alakításokat végezték nem torzokat akartak produkálni, hanem inkább "széppé", egyedivé tenni a személyeket. Főleg a csoportjellegek fokozásával előkelőbbé, kiváltságossá kívánták tenni, pozitív értelemben "megbélyegezni" a már csecsemőkorban kiváltságos egyedeket - főleg férfiakat.

Koponyagyűjtemények

A koponyagyűjtemények több célt szolgálnak. Szolgálják mindenekelőtt az emberrel kapcsolatos diszciplínák oktatását. Anyagot szolgáltatnak a filogenezis és ontogenezis kutatásához, a "mi dolgunk a világban?" jobb megértéséhez. A gyűjtemények adatot és anyagot szolgáltatnak a koponya (az arc) rekonstrukciós művészetéhez, amely ma már széles tudományos alapokon nyugszik, és többek között az igazságügyi személyazonosítási eljárást szolgálja.¹⁹

Ismeretes, hogy néha a koponya egészen kis darabjának vizsgálata elégséges egy jelentős felfedezéshez. Ugyanakkor az egyes állatok természetes variációi miatt a gyűjteményeknek nagy szerepük van a faj pontosabb vizsgálatában, a környezethez való alkalmazkodás jobb megértésében.

Jelentősebb hazai gyűjteményeink: a Magyar Természettudományi Múzeum Embertani Tára, a Nemzeti Múzeum Őslénytára, az ELTE Embertani Tanszéke,²⁰ a Semmelweis Egyetem Anatómiai, Szövettani és Fejlődéstani Intézete koponyagyűjteménye,

Híres külföldi gyűjtemények: a Washingtoni Természettudományi Múzeum Antropológiai Gyűjteménye Terry-kollekciója, a chicagói Field Múzeum, a Kaliforniai Tudományos Akadémia Madár- és Emlőosztálya (például oroszlanfőkoponyából 1500 darabos

kollekciójuk van), a Skyline High School (Idaho Falls, Idaho) De Loy Roberts-gyűjteménye stb.

SCOOL!!

Az időjárás vagy az erózió viszonyosságainak kitett koponyákból rendszerint csak a koponyatető marad meg. Ez teljesen érthető, hiszen a koponyatető csontjai lapos csontok, két kemény csontlemez között vékony szivacsos állomány. Míg a koponya többi, főleg koponyaalapi részeiben sok a szivacsos állomány, ami könnyebben pusztul.

Valószínűleg a megmaradt koponyatetőket már az ősember is felhasználta ivóedényként. Ennek bizonyítéka nyelvhasnyányokban is fellelhető. A skandinávok ünnepi felköszöntőként használják a skol kifejezést, amely ugyanazon szószármazék mint az angol skull (koponya). Mi magyarok is használhattuk a koponyatetőt, hiszen még ma is néha úgy mondjuk, nagyon ünnepélyesen: "Emelem kupámat!". És ez így szebben is hangzik, mintha azt mondanánk: "Emelem koponyatetőmet!".

Kulcsszavak: anatómia, koponya, csontfejlődés, gerincesek, paleoantropológia, emberi rasszok, fejlődési rendellenesség, craniopagus, koponyagyűjtemények

1 Embernél a terhességi idő átlagban 280 nap. Embriónak nevezzük a magzatot a fejlődés első hónapjaiban, amikor pedig a testalak kialakul, fetusnak hívjuk.

2 A nagyalakú hétkötetes munkát Johannes Oporius kiadó, Baselben adta ki.

3 Tiziano Vecellio (1490?-1576)

4 Vesalius természettudományos gondolkodását az is jellemezte, hogy nem fogadta el sem az aszklépiósi (Aesculapius) mágikus és részben csodákra alapozott kezelési módokat, sem Aszklépiosz nevéhez fűződő medikuszimbólumot, a függőleges botra tekeredő kígyót, mert eredetét és jelentését kétségesnek tartotta.

5 Vagyis az emberi test kétszázhat csontjának több mint 10 %-a a koponyát alkotja.

6 Az index számítása: a fej legnagyobb szélessége szorozva százszal, és osztva a fej legnagyobb hosszúságával.

7 Petrus Camper (1722-1789) holland természettudós írta le elsőként (posztumusz munkájában) az arc pontos szög méretét: Über den natürlichen Unterschied der Gesichtszüge (1792).

8 Ezt azért fontos tudni, mert e csont vonalas törése esetén az említett verőér könnyen sérül, és koponyaüri vérzés alakulhat ki (epidurális haematóma). Rövid eszméletvesztés után a beteg magához tér és tünetmentes, de fél-, egy óra múlva (lucidum intervallum) ismét eszméletét veszti, azonos oldali pupillája kitágul, kómássá válik. Ha ilyenkor azonnali műtétet a

vérgyülemet nem bocsátják le, az a beteg halálát okozza a nagyfokú koponyaúri nyomás illetve az életfontos agytörzsi központok összenyomódása miatt.

9 Az agyidegek (a X. kivételével) a fejtájékot idegzik be. Közülük csak érzőrostokat tartalmaz a I., II. és VIII. agyideg; csak mozgatórostokat tartalmaz a III., IV., VI., XI. és XII. agyideg.; vegyes ideg az V., VII., IX. és X. A X. agyideg a szív és a felső hasüri szervek, a nyelő- és légcső mirigyeinek és simaizmainak vegetatív (paraszimpatikus) idege, a garat és gége izmainak motoros idege, a garat, a gége és a hasi szervek általános érzőidege.

10 A nagykutacs (a csecsemő "feje lágya", rombusz alakú, a fejtetőn középen a homlokcsont felső széle mögött) a 2. életév végén záródik, a kiskutacs (háromszögletű, az előbbi mögött a nyakszirtcsont felső széle előtt) viszont már a születés utáni 2. hónapban. A varratok teljes elcsontosodása azonban lényegesen később, kb. a 2.-3. évtizedben következik be.

11 A ma ismert leletek alapján az emberi faj kialakulásában a következő fejlődési időpontok nevesíthetők: 1, Ramapithecus (10,5 millió évvel ezelőtt - m. é. e.), egyenes folytatásként 2, Australopithecus afarensis (3 m. é. e.) «ezután egy fejlődési oldalág indul, amelynek tagjai: Australopithecus africanus (2,5 m. é. e.) és Australopithecus robustus (1,5 m. é. e.), ami után ez az ág kihal» a 2. egyenes folytatásként 3, Homo habilis (2 m. é. e.), 4, Homo erectus (1,25 m. é. e.) «kb. 1 m. é. e. egy oldalág indul, amelynek tagja a Homo sapiens Neanderthalis (0,5 m. é. e.), amely i. e. 30 ezer táján kihal» a 4. egyenes folytatásként 5, Homo sapiens sapiens kb. i. e. 100 ezertől a ma élő ember.

12 Az emberi fajon belüli nagyrasszok az állatvilági fajon belül az alfaj kategóriának felelnek meg.

13 Amerikai szerzők kilenc földrajzi rasszt különítenek el: amerindid, polinezid, mikronezid, ausztrolid, melanezid, mongolid, indid, europid és negrid.

14 A szétválás okát még nem ismerjük pontosan.

15 Minden kétszázezer szülésre jut egy sziámi iker. A névadó fiú ikerpár Chang és Eng Bunker 1811-ben Sziámban (a mai Thaiföldön) született, köldök fölött voltak összenőve. Két nővérral kötöttek házasságot, cirkuszokban szerepeltek világszerte. A szenzációt fokozandó két házat vettek, amelyeket háromnaponként felváltva használtak. Tizennyolc gyermekük született, és hatvanhárom éves korukban haltak meg. A mai technikai fejlettség mellett műtéti szétválasztásuk sikeres lett volna, mert csak májuk kis darabja volt közös.

16 Érdekes megjegyezni, hogy a természetben a "sziámi iker"-szerű megjelenés lényegesen gyakoribb a növényvilágban (összenőtt paradicsom, dinnye stb), mint az állatvilágban (összenőtt krokodilt például még alig találtak).

17 Rudolf Virchow világhírű német patológus és antropológus, akit a Magyar Tudományos Akadémia 1873-ban tiszteletbeli tagnak választott meg.

18 Lenhossék József 1864-ben lett a Magyar Tudományos Akadémia levelező, és 1873-ban rendes tagja.

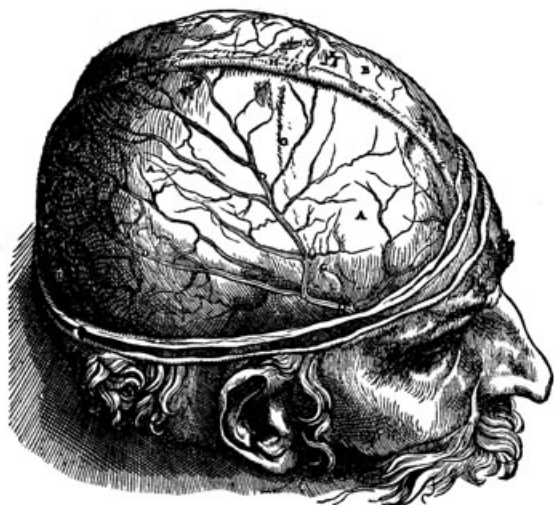
19 A koponya- (arc-) rekonstrukciós eljárásokban világhírnévre tett szert dr. Skultéty Gyula antropológus, aki Baselben dolgozik.

20 A gyűjteményt ma a Magyar Természettudományi Múzeum Embertani Tára őrzi.

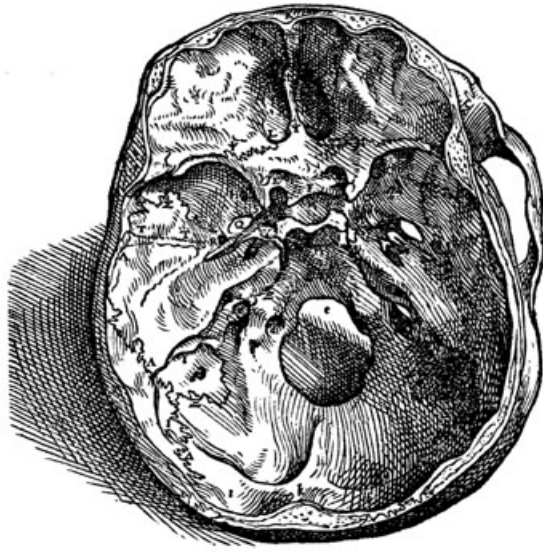


Vesalius anatómiakönyvéből

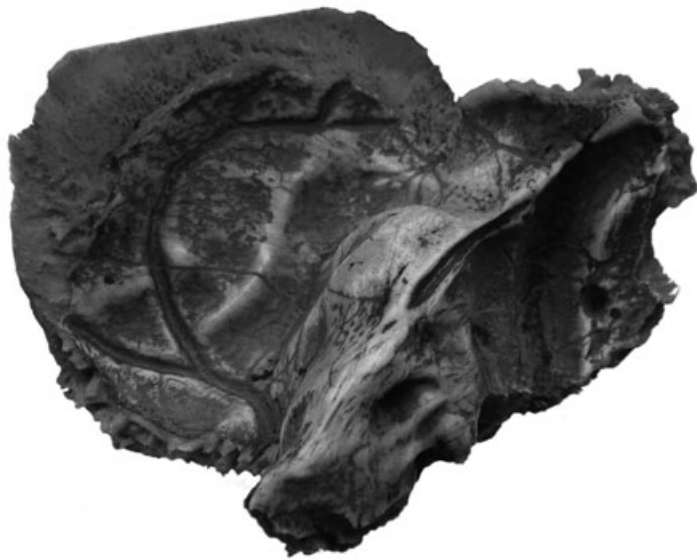
1. ábra * A koponya képe



2. ábra * A koponyaalap bonyolult struktúrája a koponya üregéből tekintve



3. ábra * A halántékcson (os temporale), a koponya legkomplikáltabb csontja.



4. ábra * A leggyakoribb koponyatorzítási módok a népvándorlás korában Magyarországon



5. ábra * Mesterséges koponyaalakítás csecsemőkorban



ivókupa "készítési módja" Vesalius könyvéből

6. ábra * A koponyatető mint